

Рис. 2

Была изучена возможность изменения фокусного расстояния антенной решетки с фокусировкой в ближней зоне с помощью изменения частоты возбуждения. В работе приводятся результаты экспериментальных исследований, хорошо согласующиеся с данными численного моделирования.

Литература

1. A. Buffi, P. Nepa, and G. Manara "Design criteria for Near-Field-Focused planar array" IEEE Antennas and Propag. Magazine, vol. 54, no.1, pp.40–50, 2012.
2. A. Buffi, A. A. Serra, P. Nepa, H.T. Chou and G. Manara "A Focused planar microstrip array-for 2.4 GHz RFID readers," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. AP-58, no.5, pp.1536–1544, 2010.
3. S. Karimkashi and A. A. Kishk "Focused microstrip array antenna using a Dolph-Chebyshev near-field design" IEEE Trans. Antennas Propag., vol. AP-57, no.12, pp.3813–3820, 2009.
4. R. C. Hansen "Focal region characteristics of focused array antennas" IEEE Trans. Antennas Propag., vol. AP-33, no.12, pp.1328–1337, 1985.
5. S. Weigand, G.H. Huff, K.H. Pan, and J.T. Bernhard "Analysis and design of broad-band single-layer rectangular U-slot microstrip patch antenna," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. AP-51, no.3, pp.457–468, 2003.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗЛУЧЕНИЯ ШИРОКОПОЛОСНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ С МИКРОПОЛОСКОВЫМИ ПЕЧАТНЫМИ ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ Ku ДИАПАЗОНА

Е.Л. Варенцов, И.А. Илларионов

(Нижний Новгород, ФГУП "ФНПЦ НИИ измерительных систем им. Ю.Е. Седакова",
illarionovi@list.ru)

THE ANALYSIS OF RADIATION OF Ku-BAND MICROSTRIP WIDE-BAND ANTENNA ARRAY

E.L. Varentsov, I.A. Illarionov

Основной проблемой при проектировании микрополосковых антенных решеток (АР) является взаимодействие излучающих элементов, расположенных на единой подложке. При этом, более всего сказывается взаимодействие по внутреннему пространству, причиной которого являются поверхностные моды в подложке АР. Следствием взаимодействия элементов является рост коэффициента отражения элементов, их рассогласование с возбуждающей линией [1].

Для анализа эффектов взаимодействия вначале рассматривается АР Ку диапазона, состоящая из стандартных узкополосных микрополосковых печатных антенных элементов. Анализ выполнен с применением готового программного обеспечения, использующего одну из разновидностей конечно-разностного метода расчета. Смещение резонансной частоты центрального узкополосного элемента АР может достигать значения 0,5 – 1 ГГц (при рабочей частотной полосе 0,5 ГГц, элемент выполнен на подложке RO3003 с диэлектрической проницаемостью 3 и толщиной 1,5мм) в зависимости от количества элементов в АР.

Один из способов согласования элементов в составе АР – применение сверхширокополосных излучающих элементов на основе микрополосковых печатных излучателей с U – щелью [2]. Действительно, при применении элементов с широкой полосой, более 1 ГГц (с центральной частотой 15 ГГц), смещение резонансных частот в частотной области может не сильно сказаться на согласовании элементов АР. Строгой модели излучения подобных антенн не существует. Однако можно привести приближенный способ расчета [2]. В работе [2] были определены четыре резонансные частоты f_1, f_2, f_3, f_4 , которые соответствуют резонансу щели, TM_{01} - моде печатного излучателя, центральной частоте антенны и резонансной частоте щели в свободном пространстве. На первой резонансной частоте антенна излучает неэффективно и она из дальнейшего анализа исключается. Вторая, третья и четвертая резонансные частоты определяются размерами антенны и величиной диэлектрической проницаемости подложки [2].

Другим рассмотренным в данной работе способом исключения эффектов взаимодействия элементов АР является локализация поля в ближней зоне излучателя. Данный способ применяется при разработке одиночных микрополосковых излучателей, выполненных на подложках с большим значением диэлектрической проницаемости (например, на керамике), для уменьшения эффективности излучения поверхностных мод подложки [4]. Однако, как показали результаты численного исследования, данный способ может применяться для исключения эффектов взаимодействия элементов АР.

Суть метода состоит в том, что элемент АР в виде микрополоскового печатного излучателя рассчитывается и оптимизируется с учетом диэлектрических вставок, расположенных вблизи излучающих кромок печатного излучателя см. рис. 1. Выбор размеров диэлектрических вставок обусловлен тем, что расстояние между элементами АР для решетки с синфазным возбуждением менее λ , (где λ – длина волны в свободном пространстве), для разработанной в данной работе АР это расстояние выбрано равным $\lambda/2$, что для 15 ГГц, составляет 10мм. Таким образом, размер диэлектрических вставок определяется: $(T1 - B) \cdot 0,5 \times A$ (см. рис. 1). Размеры печатного излучателя оптимизировались с учетом заданных диэлектрических вставок, что позволило минимизировать эффекты взаимодействия элементов, приводящих к их рассогласованию.

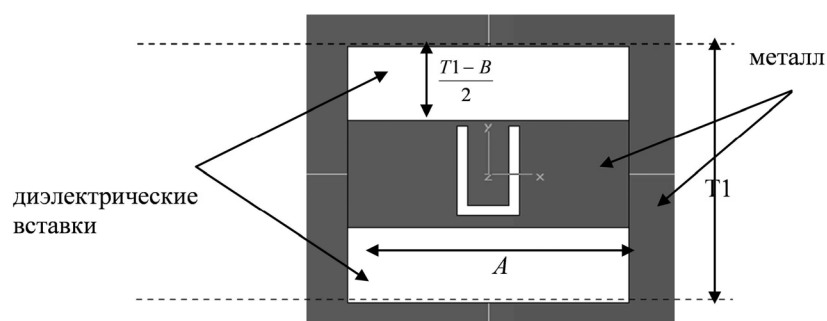


Рис. 1

Элементы в составе разработанной АР возбуждаются микрополосковыми линиями. Для того чтобы облегчить решение задачи расположения отрезков микрополосковых делителей и

не делать компоновку делителей слишком плотной, было принято решение разработать АР двухслойной (с двумя диэлектрическими пластинами). На верхнем слое расположены печатные излучатели, на нижнем слое расположена система микрополосковых делителей. При этом тип возбуждения печатных излучателей может быть коаксиальным, однако конструктивней сделать возбуждение апертурным с помощью перехода: микрополосковая линия – щелевая линия. Заметим, что данный тип возбуждения также приводит к расширению рабочей частотной полосы антенны, что является положительным эффектом в решении данной задачи исследования.

Система возбуждения представленных в работе решеток построена на основе Т – делителей мощности. Система возбуждения параллельного (coprogate) типа. Главной трудностью расчета системы Т – делителей данной АР (впрочем, как и любых других) являются ограниченные размеры, обусловленные геометрией расположения излучателей. В качестве трансформаторов волновых импедансов линий в данной разработке используются четвертьволновые трансформаторы. Для построения АР использована концепция подматриц [3], заключающаяся в разработке основной подматрицы, в данной разработке АР размером 2 на 2, и дальнейшем объединении основной подматрицы АР необходимых размеров. Разумеется, в каждом шаге повторения необходимо рассчитывать и вводить новые Т- делители.

Таким образом, в данной работе описывается топология сверхширокополосного микрополоскового печатного излучателя с рабочей частотной полосой 13-18ГГц, применение которого в составе АР минимизирует паразитные эффекты рассогласования элементов с линией возбуждения, связанные с взаимодействием элементов по внутреннему и внешнему пространству. Исследованы варианты построения микрополосковых АР с использованием модульной системы построения подрешеток. Разработаны схемы равноамплитудного распределения возбуждения с использованием микрополосковых линий с Т – делителями. Исследованы возможности уменьшения взаимодействия излучающих элементов в составе АР. Разработано и изготовлено четыре варианта микрополосковых антенных решеток с разным числом излучающих элементов. В работе приводятся результаты экспериментальных исследований, хорошо согласующиеся с данными численного моделирования.

Литература

1. Davide M. Pozar, Daniel H. Schaubert Microstrip antennas. The analysis and design of microstrip antennas and arrays, IEEE, John Wiley & Sons, publication, 1995, 431 p.
2. S. Weigand, G.H. Huff, K.H. Pan, and J.T. Bernhard “Analysis and design of broad-band single-layer rectangular U-slot microstrip patch antenna,” IEEE Trans. Antennas Propag., vol. AP-51, no.3, pp.457–468, 2003.
3. J. Ashkenazy, P. Perlmutter, D. Treves “A modular approach for the design of microstrip array antennas,” IEEE Trans. Antennas Propag., vol. AP-31, no.1, pp.190–193, 1983.
4. J. S. Kula, D. Psychoudakis, W-J. Liao, C-C. Chen, J.L. Volakis, and J.W. Halloran “Patch-Antenna miniaturization using recently available ceramic substrates,” IEEE Antennas and Propag. Magazine, vol. 48, no.6, pp.13–20, 2006.